

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ PVD И CVD МЕТОДАМИ ОСАЖДЕНИЯ

Д.В. Корженко<sup>1</sup>, Ю.Н. Юрьев<sup>1</sup>, Емлин Д.Р.<sup>2</sup>, Плотников С.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [dman@tpu.ru](mailto:dman@tpu.ru)

<sup>2</sup>Институт электрофизики Уральского отделения РАН,

Россия, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 106, 620016

<sup>3</sup>Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН,

Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, 620137

Развитие промышленности требует непрерывного улучшения характеристик различных деталей и механизмов, в частности повышения срока службы при экстремальных нагрузках, работе в агрессивных средах, без использования смазки. Особенно высокие требования предъявляются к деталям, которые испытывают различное контактное воздействие: трение, качение и другие. Одним из способов улучшения свойств таких изделий является создание на их поверхности модифицированного слоя из защитного материала с высокой твердостью, низким коэффициентом трения, хорошей термической стойкостью, устойчивостью к агрессивным средам. Данные покрытия должны обладать малым абразивным износом, величина которого связана с более высокой твердостью материала покрытий, и показывать высокую усталостную прочность, которой обычно соответствуют большие значения модуля Юнга. На сегодняшний день существуют два основных способа получения углеродных алмазоподобных плёнок: PVD (physical vapour deposition), включающий дуговое распыление [1], магнетронное распыление [2], и т.д., а также CVD (chemical vapour deposition), основанный на разложении углеводородсодержащих газов с помощью различных видов разряда [3]. При использовании первых двух методов получают так называемые безводородные покрытия: тетраэдрический углерод (ta-C) и аморфный углерод (a-C) соответственно. С помощью газозафазного метода осаждают плёнки гидрогенизированного аморфного углерода (a-C:H) [4].

Данная работа посвящена сравнению свойств покрытий на основе углерода, полученных методами химического и физического осаждения.

Полученные сравнительные результаты, позволяют сделать вывод о том, что эксплуатационные свойства тонкоплёночных покрытий на основе углерода, такие как, например, стойкость к износу, можно варьировать, подбирая оптимальный способ их осаждения.

Так более мягкие покрытия a-C и a-C:H, полученные с помощью магнетронного осаждения и несамостоятельного тлеющего разряда соответственно, обладают меньшей шероховатостью и содержат большее количество графитоподобных sp<sup>2</sup> связей, которые выступают в качестве смазки при статическом трении. Это обеспечивает более высокую стойкость таких покрытий к подобного рода нагрузкам, по сравнению с покрытиями ta-C. Использование плёнок a-C и a-C:H также позволяет практически в два раза снизить износ исходной подложки при динамических нагрузках на примере воздействия песком в пескоструйной машине.

Плётка ta-C обладает максимальной твердостью, среди всех типов углеродных покрытий, и средней же шероховатостью поверхности. Это обусловило ее максимальную стойкость к динамическим нагрузкам в пескоструйной машине. Наблюдается снижение износа поверхности более чем в 4 раза.

Таким образом, подбор защитного покрытия на основе углерода должен определяться характером предполагаемой нагрузки. Более мягкие покрытия a-C и a-C:H более устойчивы при статических нагрузках, тогда как покрытия ta-C к «динамическим» (под действием абразива). При наличии обоих видов нагрузок более целесообразно, по всей видимости, использовать комбинацию из твёрдого и мягкого покрытия. Такого типа покрытия (т.е. многослойные) обладают рядом преимуществ, главные из которых высокая твердость и низкий модуль Юнга. Следовательно, можно ожидать высоких показателей износостойкости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gavrilov N.V., Mamaev A.S., Plotnikov S.A., Trakhtenberg I.Sh., Rubshtein A.P., Ugov V.A.. Comparison Testing of Diamond-Like a-C:H Coatings Prepared in Plasma Cathode-Based Gas Discharge and ta-C Coatings Deposited by Vacuum Arc. // Surface and Coatings Technology. – 2010. – V. 204. – P. 4018-4024.
2. Korzhenko D. V. , Yurjeva A. V. , Stepanova O. M., Yurjev Y.N. Deposition of Diamond-like Carbon Films from the Magnetron Discharge Plasma // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST - 2012): Proceedings: in 2 vol., Tomsk, September 18-21, 2012. – Tomsk: TPU Press, 2012 – V. 1 – P. 384-387.
3. Romyani Goswami, Tapati Jana, Swati Ray. Transparent polymer and diamond-like hydrogenated amorphous carbon thin films by PECVD technique. // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2008. – V. 41. – 155413.
4. Lifshitz Y. Diamond-like carbon – present status. // Diamond and Related Materials. – 1999. – V. 8. – 1659.